پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۳۹۸، صفحهٔ ۹۰-۷۵
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 1, 2019, p. 75-90 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.63925

اثر همزیستی میکوریزا و آبیاری تکمیلی بر عملکرد و عناصر دانه و بقایای گیاهی نخود (*Cicer arietinum*)

محمود مظلومی ممیندی[1]، علیرضا پیرزاد[2]* و جلال جلیلیان[3]

۱- دانشجوی دکترای زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، آذربایجان غربی، ایران
۲ و ۳- به‌ترتیب استاد و دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه ارومیه، آذربایجان غربی، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۱

چکیده

زمان پایان بارندگی‌های بهاره در موفقیت زراعت دیم مؤثر است. دو راهکار اساسی (آبیاری تکمیلی و روابط قارچ-ریشه) برای بهبود عملکرد گیاهان زراعی با اثر هم‌افزایی در اعمال توأم آن‌ها وجود دارد. برای بررسی تلقیح میکوریزایی نخود دیم، آزمایشی دوساله به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان‌غربی اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل زمان پایان بارندگی (۲۰اردیبهشت‌ماه، سوم خردادماه و ۱۷خردادماه)، تلقیح میکوریزا (شاهد و قارچ گونه *Glomus intraradices*) و آبیاری (دیم و یک نوبت آبیاری تکمیلی) بودند. تلقیح میکوریزایی تحت شرایط آبیاری تکمیلی باعث افزایش معنی‌دار عناصر فسفر، کلسیم و خاکستر بقایا، پتاسیم و پروتئین دانه نخود نسبت به کشت دیم شد. ادامه بارندگی تا ۱۷خرداد، عملکرد بقایا (۱۴۵۱کیلوگرم در هکتار) و دانه (۶۰۲کیلوگرم در هکتار) نخود در گیاهان میکوریزایی را تحت شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به پایان زودهنگام بارندگی‌ها (۲۰اردیبهشت‌ماه وسوم خردادماه) افزایش بیشتری داد. به‌طورکلی کیفیت بقایا و دانه نخود در کشت دیم با یک نوبت آبیاری بهبود یافت. تلقیح میکوریزایی صرفنظر از زمان پایان بارندگی در میزان بهبود کیفیت و عملکرد دانه (در آبیاری تکمیلی تا ۲۰درصد و در کشت دیم تا ۲۴درصد) مؤثر بود. نتایج نشان داد که دو راهکار آبیاری تکمیلی و تلقیح میکوریزایی روش‌های قابل اعتمادی برای دستیابی به عملکرد مطلوب درکشت دیم نخود می باشند.

واژه‌های کلیدی: پایان بارندگی، پروتئین، فسفر، کشت دیم، *Glomus intraradices*

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان در مناطق خشک ونیمه‌خشک دنیا و ایران است. پاسخ گیاهان به تنش خشکی بستگی به نوع، شدت و مدت تنش و همچنین گونه گیاهی و مرحله وقوع تنش دارد. به‌طورکلی در نواحی مدیترانه‌ای و نیمه‌خشک، تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که عملکرد گیاه نخود را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Kafi *et al.*, 2010). تنش کمبود آب در خاک ابتدا روی تعداد نیام در هر بوته اثر کرده و سپس اندازه بذر و تعداد دانه در نیام را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اگر تنش خشکی به مدت طولانی ادامه یابد، تجدید آبیاری خسارت وارد شده به عملکرد ماش سبز را جبران نمی‌کند (Pirzad *et al.*, 2014).

حبوبات به دلیل برخورداری از پروتئین بالای دانه اهمیت غذایی بالایی دارند. نخود (*Cicer arietinum* L.) به دلیل قابلیت همزیستی با میکروارگانیسم‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، در تعادل عناصر معدنی خاک در اکوسیستم زراعی حائز اهمیت است. سطح زیرکشت نخود در دنیا ۱۱میلیون هکتار بوده و ایران با سطح زیرکشت حدود ۷۰۰هزار هکتار، چهارمین رتبه را در جهان پس از هند، پاکستان و ترکیه دارد (Naseri *et al.*, 2015). نخود در بین حبوبات، مقاوم‌ترین محصول نسبت به خشکی و گرما است که تحت شرایط خاک‌های فقیر رشد می کند. نخود همچنین به عنوان یک محصول کم‌هزینه در نظام‌های زراعی مناطق معتدله نیمه‌خشک مطرح است (Canci & Toker, 2009; Patil *et al.*,2014). در نواحی خشک، آب مهم‌ترین منبع محدودکننده برای تولید محصولات کشاورزی است. بنابراین به حداکثررسانیدن بهره‌برداری از آب، برای نظام‌های زراعی مناطق خشک راهبرد مناسبی به شمار می‌رود. در چنین شرایطی، می‌بایست به راهکارهای مدیریت کارآمد

*نویسنده مسئول: ارومیه، کیلومتر۱۱ جاده سرو، دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، کدپستی: ۵۷۱۵۹۴۴۹۳۱، تلفکس: ۰۴۴-۳۲۷۷۹۵۵۸، a.pirzad@urmia.ac.ir

بهره‌برداری از آب روی آورد. آبیاری تکمیلی عملیاتی با کارآیی بالاست که برای افزایش تولید محصولات کشاورزی و بهبود معیشت در نواحی خشک از پتانسیل بالایی برخوردار است (Oweis & Hachum, 2006). از آنجا که تولید نخود در بیشتر مناطق در اثر کمبود رطوبت به‌خصوص در طی دوره رشد زایشی، محدود می‌شود، بنابراین انجام آبیاری می‌تواند در بهبود عملکرد و نیز ثبات آن مؤثر باشد. آبیاری تکمیلی به‌منظور رفع تنش در مراحل بحرانی رشد گیاه تأثیر جدی بر افزایش عملکرد نخود دارد (Zaferanieh *et a*l., 2009). وقوع تنش خشکی در برخی از مراحل رشد گیاهان می‌تواند خسارت جبران‌ناپذیری وارد نماید. ازاین‌رو شناخت مراحل حساس رشد گیاهان به تنش خشکی و تأمین به موقع نیاز آن‌ها می‌تواند ما را در جهت حصول حداکثر عملکرد یاری نماید (Naseri *et al.*, 2015). استان آذربایجان غربی بخش زیادی از سطح زیرکشت و تولید نخود کشور را دربر می‌گیرد. بر اساس آمارنامه کشاورزی سال زراعی۱۳۹۲-۱۳۹۱سطح زیرکشت نخود آبی و دیم به‌صورت پاییزه، انتظاری و بهاره در استان آذربایجان غربی ۶۶۵۰۰هکتار بود (Agricultural Statistics, 2014). در برخی شرایط از آبیاری به‌صورت مکمل بارش برای افزایش تولید بهره گرفته می‌شود. تحت شرایط حاکم بر مناطق نیمه‌خشک اغلب در نتیجه بارش‌های غیرقابل پیش‌بینی، دماهای بالا و تشعشع خورشیدی طولانی اثرات خشکی تشدید می‌شود.

قارچ‌های میکوریزا یک گروه از کودهای بیولوژیک هستند که جزء اصلی فون محیط ریشه گیاهان در بوم‌نظام‌های طبیعی می‌باشند و رابطه همزیستی با بیشتر نهاندانگان، ازجمله گیاهان زراعی دارند. روابط قارچ-ریشه‌ای (میکوریزا) می‌تواند تعادل آبی گیاهان را در شرایط فاریاب و در تنش خشکی تحت تأثیر قرار دهد. علت افزایش عملکرد محصول در گیاهان تلقیح‌شده با میکوریزا تعادل آبی آن‌ها در شرایط تنش خشکی و در نتیجه جذب بیشتر آب و عناصر معدنی است (Habibzadeh *et al.*, 2015). با توجه به زمان متغیر پایان بارندگی‌های بهاره در سال‌های مختلف و تأثیر آن بر رشد و عملکرد نخود، میزان و زمان مناسب آبیاری تکمیلی در جبران خسارت تنش متفاوت است. از طرف دیگر بخشی از خسارت ناشی از کمبود آب آخر فصل رشد نخود، می‌تواند با مکانیسم همزیستی میکوریزایی جبران شود. به‌دست‌آوردن سودمندی آبیاری تکمیلی در شرایط دیم با توجه به زمان آخرین بارندگی بهاره در تلقیح و عدم تلقیح قارچ میکوریزایی از اهداف اصلی این پژوهش بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش دوساله در ایستگاه ساعتلو مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان‌غربی، واقع در ۲۷کیلومتری شهرستان ارومیه (عرض جغرافیایی ۳۷درجه و ۴۳دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۵درجه شرقی و با ارتفاع ۱۳۲۹متر از سطح دریا) در سال‌های۱۳۹۳ و۱۳۹۴ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل زمان پایان بارندگی در سه سطح (۲۰اردیبهشت‌ماه، ۳ و ۱۷خردادماه) و همزیستی قارچ مایکوریز (*G. intraradices*) در دو سطح (شاهد و همزیست) در دو شرایط آبیاری تکمیلی (در مرحله شروع غلاف‌بندی) و کشت دیم بودند. بذور نخود دیم توده محلی سفید قزوین از مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان‌غربی تهیه شد. بذور در عمق پنج سانتی‌متری خاک و به‌صورت ردیفی به فواصل ۳۰سانتی‌متر، در کرت‌هایی به ابعاد ۴ در ۴/۵متر در دهه اول فروردین هر دو سال کاشته شدند. بذور با تراکم ۱۸بوته در مترمربع در روی ردیف‌ها کاشته شدند. مایه تلقیح مایکوریزا شامل*G. Intraradices* (تهیه‌شده از گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه ارومیه) به‌صورت کپه‌ای در زیر بذرهای کاشته‌شده (پنج گرم در هر کپه) مصرف گردید. عملیات کنترل علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی انجام گرفت. میزان بارندگی ماهیانه برای هر دو سال زراعی درشکل۱ ارائه شده است. برای این‌که ادامه بارندگی‌ها بر روی تیمارهای آخرین بارندگی در ۲۰اردیبهشت‌ماه و ۳خردادماه تأثیر نداشته باشد، حفاظ‌هایی در برابر باران روی واحدهای آزمایشی با توجه به پیش‌بینی سازمان هواشناسی قرار داده شد. مقدار آب آبیاری تکمیلی براساس درصد رطوبت خاک و رساندن آن به ظرفیت زراعی با استفاده از رابطه زیر محاسبه و به خاک مزرعه اضافه شد (Benami & Ofen, 1984):

$$VN = [(FC-WP) \times BD \times D \times (1-ASM) \times A]/100$$

که دراین رابطه، FC درصدوزنی رطوبت درحد ظرفیت مزرعه‌ای، WP درصد وزنی رطوبت در نقطه پژمردگی، BD جرم مخصوص ظاهری خاک (کیلوگرم بر مترمکعب)، D عمق توسعۀریشه (متر)، ASM رطوبت خاک مزرعه در زمان قبل از آبیاری و A مساحت هر کرت (مترمربع) است. بر اساس توصیه آزمایشگاه تجزیه آب، خاک و گیاه، و با توجه به میزان فسفر خاک (۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، مقدار ۷۵کیلوگرم در هکتار کود فسفره از نوع سوپر فسفاتتریپل قبل از کاشت به خاک اضافه شد (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک مزرعه قبل از اجرای آزمایش

Table 1. Result of soil analysis before experiment

بافت خاک Soil Texture	سیلت Loam	رس Clay	شن Sand	پتاسیم K	فسفر P	کربن آلی OC	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC
		(%)		(mg/kg)		(%)		(dS/m)
Loam-Clay لومی رسی	46	42	12	410	8	1.08	7.80	0.624

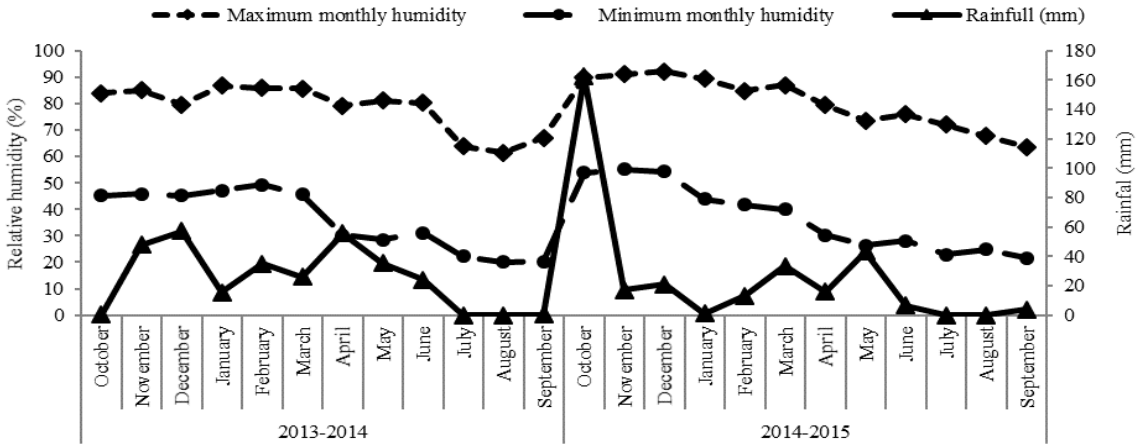
برای اندازه‌گیری عملکرد و کیفیت بقایا (در پایان مرحله غلاف‌بندی) و دانه (مرحله رسیدگی)، در هر کرت از ردیف‌های میانی پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، مساحت یک مترمربع برداشت شد و عملکرد دانه و بقایا بر حسب کیلوگرم در هکتار تعیین گردید. نمونه‌های مربوط به هرتکرار به‌صورت مجزا درسایه خشک و آسیاب شدند، و در آزمایشگاه ممتاز دامپزشکی استان آذربایجان‌غربی میزان رطوبت، خاکستر، پتاسیم، پروتئین وکلسیم آن‌ها اندازه‌گیری شد (KhosroShahi Asl, 1997). تجزیه عناصر بافت گیاهی (بقایا و دانه) طبق استانداردA.O.A.C به روش هضم تر با استفاده از اسیدهای نیتریک(HNO_3)، کلریدیک(HCl) و پرکلریدیک($HClO_4$) صورت گرفت (Association of Official Analytical Chemists, 2005). برای اندازه‌گیری میزان فسفر دانه و بقایا از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل GEN way 630 ساخت ژاپن و برای اندازه‌گیری میزان پتاسیم، خاکستر و کلسیم از دستگاه جذب اتمی مدلGBC 932 plus AB ساخت ژاپن استفاده گردید (KhosroShahi Asl, 1997). درصد پروتئین دانه و برگ، توسط دستگاه کجدال مدل Vapodest 20 ساخت آلمان اندازه‌گیری شد (KhosroShahi Asl, 1997). برای محاسبه درصد پروتئین دانه نخود دراین آزمایش، عدد ثابت۵/۵ به‌عنوان فاکتور پروتئین مورد استفاده قرارگرفت (Mosse, 1990).

(۱)

۱۰۰×{وزن نمونه/(۰/۰۰۱۴ × مقدار اسید مصرف‌شده در تیتراسیون)}=درصد نیتروژن

(۲) ۵/۵ × درصد نیتروژن = درصد پروتئین

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 انجام گردید. میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.



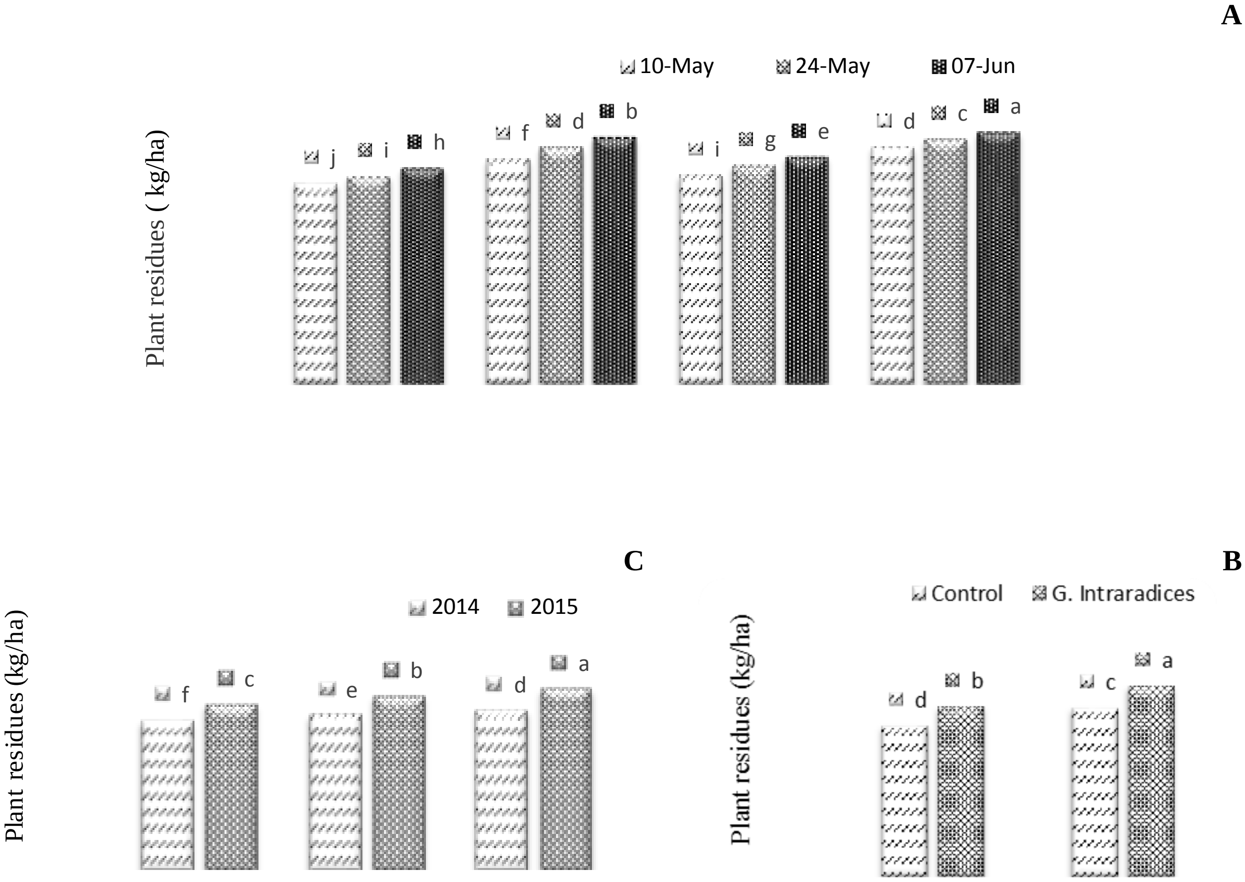
شکل ۱- بارندگی ماهانه، مقادیر بیشینه و کمینه رطوبت نسبی هوا در دو سال آزمایش

Fig. 1. Monthly rainfall, maximum and minimum relative humidity during two of experimental years

نتایج و بحث

عملکرد و کیفیت بقایا

نتایج نشان داد که در هر دو کشت دیم و آبیاری تکمیلی مقادیر عملکرد بقایا در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا و گیاهان شاهد با ادامه بارندگی‌ها تا زمان قطع بارندگی دیرهنگام ۱۷خردادماه به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. بااین‌حال همواره عملکرد بقایای نخود در شرایط انجام آبیاری تکمیلی نسبت به کشت دیم، و درگیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا نسبت به گیاهان تلقیح نشده بیشتر بود؛ به‌طوری‌که بیشترین عملکرد بقایا، از گیاهان آبیاری‌شده در همزیستی با قارچ میکوریزا و ادامه بارندگی تا ۱۷خردادماه به‌دست آمد که نسبت به کمترین عملکرد بقایا در پایان زودهنگام بارندگی بهاره (۲۰اردیبهشت‌ماه) در کشت دیم گیاهان تلقیح‌نشده حدود ۲۰درصد افزایش عملکرد مشاهده شد (شکل ۲-A).



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد بقایای نخودتحت تأثیر برهمکنش پایان بارندگی×میکوریزا×آبیاری تکمیلی (A) سال×همزیستی میکوریزا (B) و پایان بارندگی×سال (C)

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد است.

Fig. 2. Means comparison of interaction effect ofrain interrupted×mycorrhiza×supplemental irrigation (A), year×mycorrhiza (B) and rain interrupted×year (C) on the chickpea plant residues yield

Different letters show significant differences at 5% probability level

بیشترین عملکرد بقایا در گیاهان همزیست به‌دست آمد. بااین‌حال مقادیر عملکرد بقایا در سال دوم نسبت به سال اول بیشتر بود (شکل ۲-B). در هر دو کشت سال‌های اول و دوم، با تأخیر در قطع بارندگی از ۲۰اردیبهشت تا ۱۷خرداد مقادیر عملکرد بقایا به‌طور معنی‌داری افزایش پیداکرد؛ بنابراین همواره مقادیر عملکرد بقایا در سال دوم نسبت به سال اول بیشتر بود. یعنی بیشترین عملکرد بقایا ازگیاهان آبیاری‌شده در شرایط قطع بارندگی ۱۷خردادماه به‌دست آمد. بااین‌حال کمترین عملکرد بقایا در پایان زودهنگام بارندگی بهاره (۲۰اردیبهشت‌ماه) حاصل شد (شکل ۲-C).

درتحقیقی که روی ژنوتیپ‌های مختلف نخود صورت گرفت، مشاهده شد نسبت بالاتر وزن ریشه به اندام هوایی در حفظ پتانسیل بالاتر آب گیاه و عملکرد بیشتر دانه در شرایط تنش مؤثر است (Ganjali *et al.*, 2009). همچنین این قارچ ها می‌توانند بر تعادل آبی گیاه در هردو شرایط تنش و بدون تنش اثر بگذارند و باعث افزایش عملکرد شوند (Habibzadeh *et al.*, 2013; Habibzadeh *et al.*, 2015). نتایج تحقیقات نشان داده است که استفاده از قارچ میکوریزا سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر داشته، به‌طوری‌که با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آن‌ها، وزن خشک اندام‌های هوایی افزایش یافت (Habibi *et al.*, 2013). آبیاری تکمیلی اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه، کاه و کلش، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، ارتفاع بوته، وزن۱۰۰۰دانه و تعداد دانه در

سنبله دارد (Tavakoli, 2003). تنش آب از طریق کاهش سطح برگ، بسته‌شدن روزنه‌ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش در آبگیری کلروپلاست، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز می‌گردد. با محدودشدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (Kafi *et al.*, 2010; Hopkins & Huner, 2009).

نتایج مقایسه میانگین‌های دوساله آزمایش نشان داد که بیشترین مقدار خاکستر بقایا از تیمار میکوریزا و آبیاری تکمیلی در سال اول به‌دست آمد. بااین‌حال گیاهان دیم تلقیح‌شده و شاهد در هر دو سال، خاکستر بقایای کمتری نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی داشتند. آبیاری تکمیلی در گیاهان تلقیح‌شده، خاکستر بقایا را حداکثر ۳۲درصد نسبت به گیاهان دیم تلقیح نشده افزایش داد (جدول۲).

جدول۲- مقایسه میانگین خاکستر بقایای نخود تحت تأثیر برهمکنش‌های سال×میکوریزا×آبیاری تکمیلی

Table 2. Means comparison of interaction effect of year×mycorrhiza×supplemental irrigationon the chickpea plant residues ash

سال Year	میکوریزا Mycorrhiza	دیم Rainfed	آبیاری تکمیلی Supplemental irrigation
2014	شاهد Control	10.04 (g)	12.11 (b)
	G. intraradices	11.00 (f)	13.22 (a)
2015	شاهدControl	10.97 (f)	11.23 (d)
	G. intraradices	11.09 (e)	11.38 (c)

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد است.

Different letters show significant differences at 5% probability level.

میزان خاکستر بقایا با ادامه وقوع بارندگی تا ۱۷خرداد در هر دو سال افزایش پیدا کرد. بااین‌حال مقادیر خاکستر بقایا در سال اول(۱۳۹۳) درکلیه سطوح بارندگی بیشتر بود. به نظر می‌رسد تلقیح میکوریزایی و همچنین بهبود شرایط آبیاری در دو سال متوالی باعث جذب بهتر عناصر غذایی و افزایش خاکستر در سال دوم (به‌ویژه در شرایطی که بارندگی‌ها تا اواسط خرداد ادامه داشته است) شده است. یعنی بیشترین خاکستر بقایا در شرایطی که بارندگی تا ۱۷خرداد ادامه داشت، از سال اول به دست آمد و نسبت به کمترین مقدار خاکستر بقایا در پایان زودهنگام بارندگی (۲۰اردیبهشت) در سال دوم حدود ۱۲درصد اختلاف نشان داد (جدول ۳).

جدول۳- مقایسه میانگین خاکستر بقایای نخود تحت تأثیر برهمکنش‌های سال×پایان بارندگی

Table 3. Means comparison of interaction effect of year×raininterrupted on the Chickpea plant residues ash

سال Year	پایان بارندگی Rain interrupted: ۲۰ اردیبهشت 10-May	سوم خرداد 24-May	۱۷ خرداد 07-Jun
2014	11.26 (d)	11.61 (c)	11.91 (a)
2015	10.56 (f)	11.20 (e)	11.72 (b)

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد است.

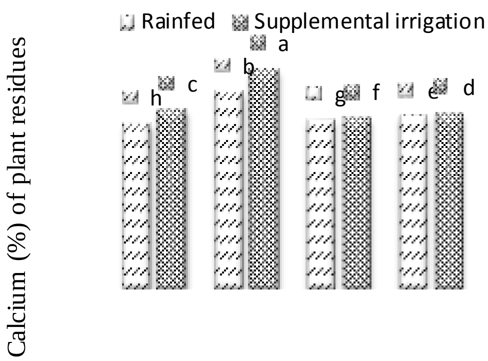
Different letters show significant differences at 5% probability level.

جذب عناصری چون مس، روی، گوگرد، کلسیم، پتاسیم، فسفر و نیتروژن توسط قارچ‌های میکوریزی از خاک و انتقال آن به گیاه میزبان افزایش می‌یابد (Smith & Read, 2008). درصد خاکستر بیانگر مقدار مواد معدنی موجود در بافت‌های گیاهی بود و جذب این مواد توسط ریشه در شرایط کم‌آبی کاهش می‌یابد. درنتیجه کاهش‌درصد خاکستر بقایا در این شرایط بسیار محتمل است. تلقیح میکوریزا ظرفیت جذب را بهبود بخشیده و رشد گیاهان میزبان را افزایش می‌دهد که این موضوع در گیاهان نیشکر (*Saccharum officinarum* L.)، ماش (*Vigna radiata* (L.) Wilczk)، گندم (*Triticum aestivum* L.) و گوجه‌فرنگی (*Lycopersicum esculentum* L.) به اثبات رسیده است (Wu & Xia, 2004). بهبود انتقال عناصر غذایی به بافت گیاه از طریق افزایش سطح جذب ریشه‌ها توسط گسترش میسلیوم‌های قارچ به فضای خارج فراریشه‌ای خاک صورت می‌گیرد که به افزایش میزان جذب فسفر، نیتروژن، گوگرد، پتاسیم، کلسیم، روی، آهن، مس و انتقال آب منجر خواهد شد (Boomsma & Vyn, 2008). تلقیح گیاه با باکتری ریزوبیوم و قارچ‌های

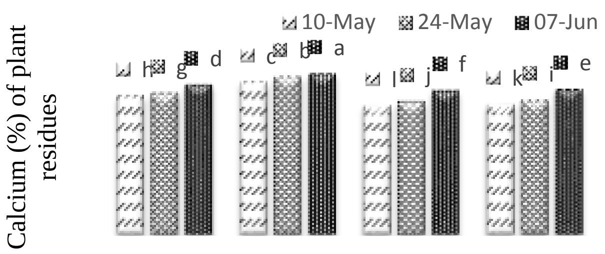
مـایکوریزی موجب افزایش رشد، عملکـرد، ارتفـاع گیـاه و تعـداد گرهک در ریشه و جذب عناصر معدنی (فسفر، پتاسـیم، کلسـیم و نیتـروژن) نـسبت‌بـه گیاهـان بـدون تلقـیح در شـرایط مزرعـه مـی‌شـود کـه موجـب انباشـت عناصـر در بافت‌های گیاهان تلقیح شده می‌گردد که این موضوع در شرایط بارندگی در اثر افزایش سطح ریشه‌ها نسبت بـه شـرایط تـنش خشکی چشمگیرتراست (Saharan & Nehra, 2011).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط آبیاری تکمیلی گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا، بیشترین مقدار کلسیم بقایا را در سال اول داشتند (شکل ۳-A). باوجود برتری گیاهان آبیاری‌شده در هر دو سال، کلسیم بقایای گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا در هر دو سیستم دیم و آبیاری تکمیلی بیشتر بود (شکل ۳-A). نتایج نشان داد که در شرایط آبیاری تکمیلی در سال اول با قطع بارندگی دیرهنگام در ۱۷خردادماه گیاه بیشترین کلسیم بقایای نخود را داشت. با تأخیر در پایان بارندگی‌های بهاره، درصد کلسیم بقایا افزایش معنی‌داری در هر دو سال داشت. هرچند میزان کلسیم در بقایای نخود در سال اول آزمایش بیشتر بود. در کلیه سطوح قطع بارندگی برای هر دو سال آزمایش، آبیاری تکمیلی باعث افزایش میزان کلسیم بقایاگردید (شکل ۳-B).

A



B



شکل ۳- مقایسه میانگین کلسیم بقایای نخودتحت تأثیر برهمکنش‌های سال×میکوریزا×آبیاری تکمیلی (A) و سال×پایان بارندگی×آبیاری تکمیلی(B)

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد است.

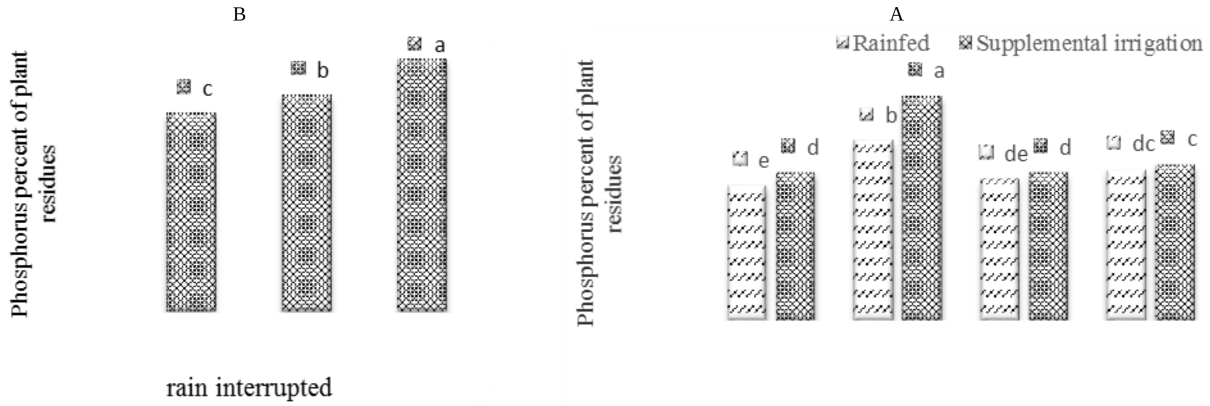
Fig. 3. Means comparison of interaction effect of year×mycorrhiza×supplemental irrigation (A) and year×rain interrupted (B) on the Chickpea plant residues calcium

Different letters show significant differences at 5% probability level.

در هر دو کشت دیم و آبیاری تکمیلی مقادیر فسـفر بقایـا در گیاهان تلقیح‌شده بـا قـارچ میکـوریزا در سـال دوم کـاهش معنی‌داری داشت. بـااین‌حـال، مقـادیر فسـفر بقایـا در آبیـاری تکمیلی نسبت بـه کشـت دیـم بیشـتر بـود. بـه‌عبـارت دیگـر، بیشـترین فسـفر بقایـای نخـود کـه از گیاهـان آبیـاری‌شـده و تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا به‌دست آمـده نسـبت بـه کمتـرین مقادیر فسفر در شرایط دیـم و تلقـیح‌نشـده بـا قـارچ میکـوریزا حـدود ۶۷درصـد اخـتلاف نشـان داد (شـکل ۴-A). ادامـه بارندگی‌ها تا ۱۷خردادماه باعث افزایش معنی‌دار مقـادیر فسـفر بقایای گیاه شد، به‌طوری‌که نسبت به اتمام زودهنگام بارنـدگی ها افزایش ۲۷درصدی نشان داد (شکل ۴- B).

فـسفر در تغذیـه گیـاه و تثبیـت نیتـروژن در لگوم‌هـا نقـش مهمـی را ایفـا می‌کند. مـی‌تـوان بـا همزیستی میکوریزا جـذب فسفر و به همان اندازه سایر عناصـر را افـزایش داد (Smith & Read, 2008). تلقیح میکوریزا بـا ریشـه اغلـب گیاهـان زراعـی موجـب افزایش جذب عناصر غذایی مثل فسفر و برخی عناصـر کـم‌مصـرف و افزایش جذب آب شـده و سبب بهبود در رشد و عملکـرد گیاهان میزبان در نظام‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (Sharma, 2002). گزارش شده که اسـتفاده از قارچ‌های میکوریزا جـذب عناصـر غـذایی بـه‌خصـوص فسـفر را بهبود می‌بخشند. با مطالعه اثر قارچ‌هـای میکـوریزا بـر کـاهش تنش خشکی مشخص گردید که این قـارچ‌هـا از طریـق جـذب

عناصر غذایی (فسفر، نیتروژن، منیزیم و کلسیم)، نقش اساسی در افزایش عملکرد گیاه ایفا می‌نمایند (Evelin *et al.*, 2009). در مطالعه‌ای با بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریزا بر گیاه یونجه (*Medicago satival* L.) تحت شرایط خشکی گزارش شد که در گیاهان میکوریزایی جذب عناصر غذایی ماکرو (فسفر، نیتروژن، پتاسیم، گوگرد، منیزیم و کلسیم) و میکرو (کبالت، مولیبدن، روی، مس، بُر و آهن) در طی تنش خشکی افزایش پیدا کرد و روابط آب برگ تحت تأثیر قرار گرفت (Goicoechea *etal.*, 1997).



شکل ۴- مقایسه میانگین فسفر بقایای نخود تحت تأثیر برهمکنش سال×میکوریزا×آبیاری تکمیلی (A) واثر پایان بارندگی (B)

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد است.

Fig. 4. Means comparison of interaction effect of year×mycorrhiza×supplemental irrigation (A) and rain interrupted (B) on chickpea plant residuesphosphorus.

Different letters show significant differences at 5% probability level.

در شرایط آبیاری تکمیلی گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا دارای بیشترین مقدار پروتئین بقایا در سال اول بودند. پروتئین بقایای گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا در هر دو سیستم دیم و آبیاری تکمیلی برای سال اول بیشتر بود. در سال دوم آزمایش تفاوت معنی‌داری بین گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا وعدم تلقیح (شاهد) در کشت دیم و آبیاری تکمیلی مشاهده نشد (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین پروتئین بقایای نخود تحت تأثیر برهمکنش سال× میکوریزا×آبیاری تکمیلی

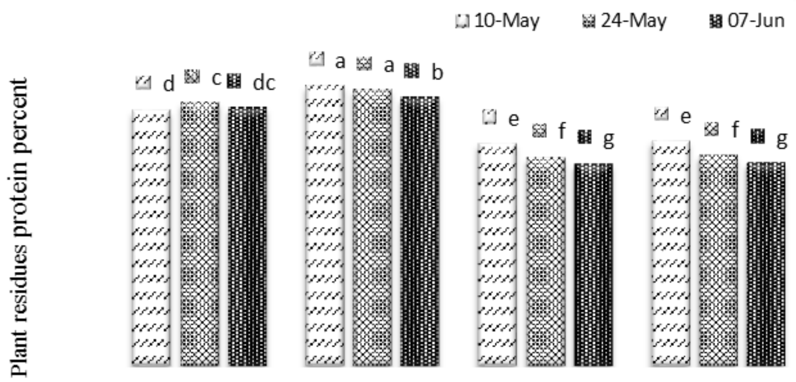
Table 4. Means comparison of interaction effect of year×mycorrhiza×supplemental irrigationon on the chickpea plant residues protein percent

سال **Year**	میکوریزا **Mycorrhiza**	دیم **Rainfed**	آبیاری تکمیلی **Supplemental irrigation**
2014	Control	11.86 (c)	11.74 (c)
	G. intraradices	12.20 (b)	12.84 (a)
2015	Control	9.61 (d)	9.60 (d)
	G. intraradices	9.65 (d)	9.72 (d)

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد است.

Different letters show significant differences at 5% probability level.

بیشترین میزان پروتئین بقایای نخود در قطع زودهنگام بارندگی‌ها به‌دست آمد و ادامه بارش تا ۱۷خرداد در هر دو سال آزمایش، هم در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا و هم در گیاهان تلقیح‌نشده با قارچ میکوریزا باعث کاهش درصد پروتئین بقایا شد. البته میزان تغییرات پروتئین در سال اول کمتر بود، ولی در سال دوم آزمایش ادامه بارندگی‌ها منجر به کاهش درصد پروتئین بقایا هم درگیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا و هم گیاهان تلقیح‌نشده با قارچ میکوریزا شد (شکل۵).



شکل ۵- مقایسه میانگین پروتئین بقایای نخود تحت تأثیر برهمکنش سال× پایان بارندگی× میکوریزا

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد است.

Fig. 5. Means comparison of interaction effect of year×rain interrupted×mycorrhiza on the chickpea plant residues protein percent

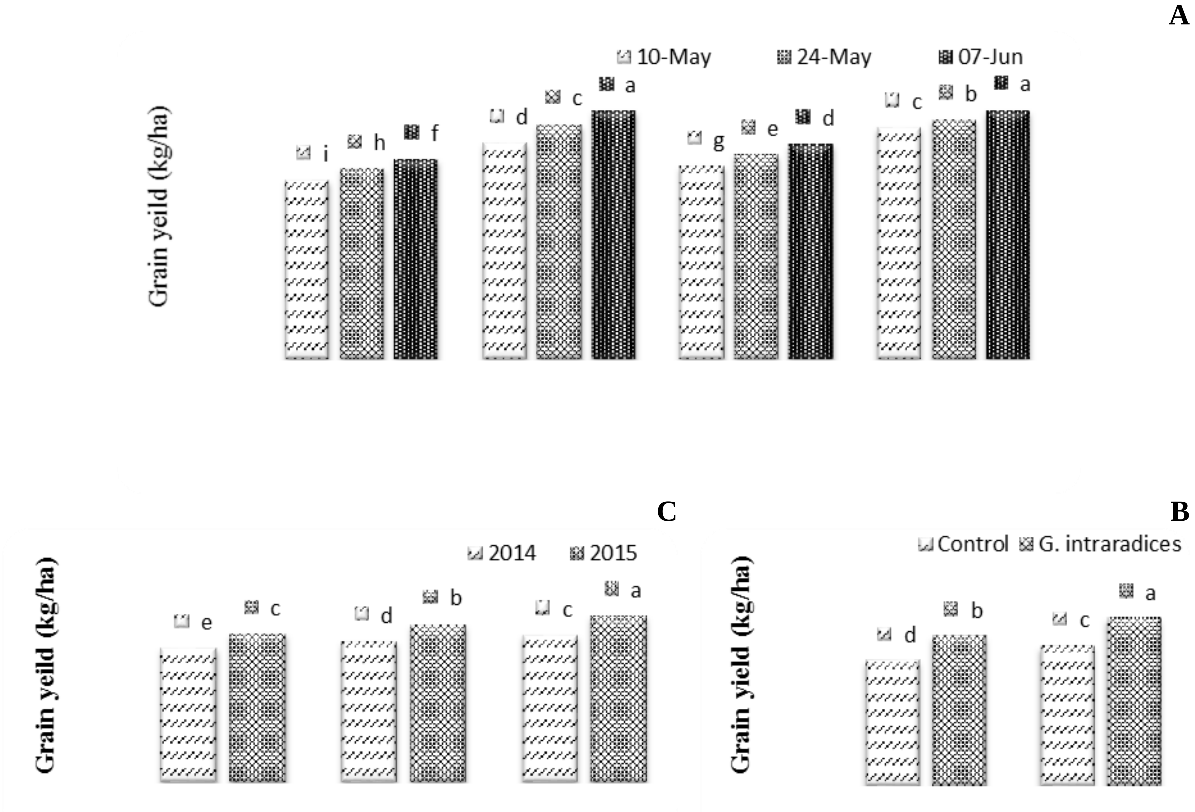
Different letters show significant differences at 5% probability level.

درگیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا با تأمین بیشتر نیتروژن موردنیاز گیاه، افزایش در میزان پروتئین دانه و علوفه حاصل می‌شود (Parsa & Bagheri, 2008). با بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریزا بر رشد و وضعیت فیزیولوژیکی گیاه *Erythrina variegate* تحت شرایط تنش کم‌آبی گزارش شد که گیاهان میکوریزایی به‌طور معنی‌داری زیست‌توده، محتوی کلروفیل، کاروتنوئیدها و محتوی پروتئین ساقه بالاتری از گیاهان غیرمیکوریزایی داشتند و گیاهان میکوریزایی قادر به حفظ تنظیم اسمزی و افزایش مقاومت در برابر تنش کم‌آبی بودند (Manoharan *et al.*, 2010).

عملکرد و کیفیت دانه

در هر دو کشت دیم و آبیاری تکمیلی مقادیر عملکرد دانه در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا در قطع دیرهنگام بارندگی (۱۷خرداد) به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. همواره عملکرد دانه نخود در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به کشت دیم بیشتر است، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه از گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا آبیاری‌شده در شرایط ادامه بارندگی تا ۱۷خردادماه به دست آمد. بااین‌حال حداکثر عملکرد دانه، تفاوت معنی‌داری با گیاهان میکوریزایی کشت شده در شرایط دیم، نسبت به زمانی که اتمام بارندگی بهاره ۱۷خردادماه اتفاق افتاده بود، نشان نداد. کمترین عملکرد دانه در پایان زودهنگام بارندگی بهاره از گیاهان تلقیح‌نشده با قارچ میکوریزا در شرایط دیم مشاهده شد (شکل ۶-A).

بیشترین عملکرد دانه در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا به‌دست آمد. همچنین مقادیر عملکرد دانه در سال دوم نسبت به سال اول بیشتر بود (شکل۶-B). در هر دو سال آزمایشی با تأخیر در قطع بارندگی از ۲۰اردیبهشت‌ماه تا ۱۷خردادماه مقادیر عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد و مقادیر عملکرد دانه در سال دوم نسبت به سال اول بیشتر بود. یعنی بیشترین عملکرد دانه نخود از قطع بارندگی دیرهنگام در ۱۷خردادماه به دست آمد، ولی پایان زودهنگام بارندگی در ۲۰اردیبهشت‌ماه منجر به تولید دانه‌هایی با کمترین فسفر دانه شد (شکل ۶-C). قارچ میکوریزا با ریشه بسیاری از گیاهان همزیستی داشته و رشد رویشی و عملکرد آن‌ها را افزایش می‌دهد (Smith & Read, 2008). تلقیح گیاهان با قارچ میکوریزا اثرات نامطلوب تنش خشکی را در گیاهان تعدیل می‌کند، به‌طوری‌که قارچ میکوریزا از طریق انتشار میسیلیوم‌های خارجی خود در منافذ ریز خاک که امکان ورود ریشه‌های موئین برای جذب آب وجود ندارد، آب و عناصر غذایی را جذب و به گیاه منتقل می‌کند و در نتیجه باعث افزایش عملکرد دانه می‌گردد (Sajedi & Rejali, 2011).



شکل ۶- مقایسه میانگین عملکرد دانه نخود تحت تأثیر برهمکنش آبیاری تکمیلی×همزیستی میکوریزیی×پایان بارندگی (A)، سال×همزیستی میکوریزایی (B) و سال×پایان بارندگی (C)

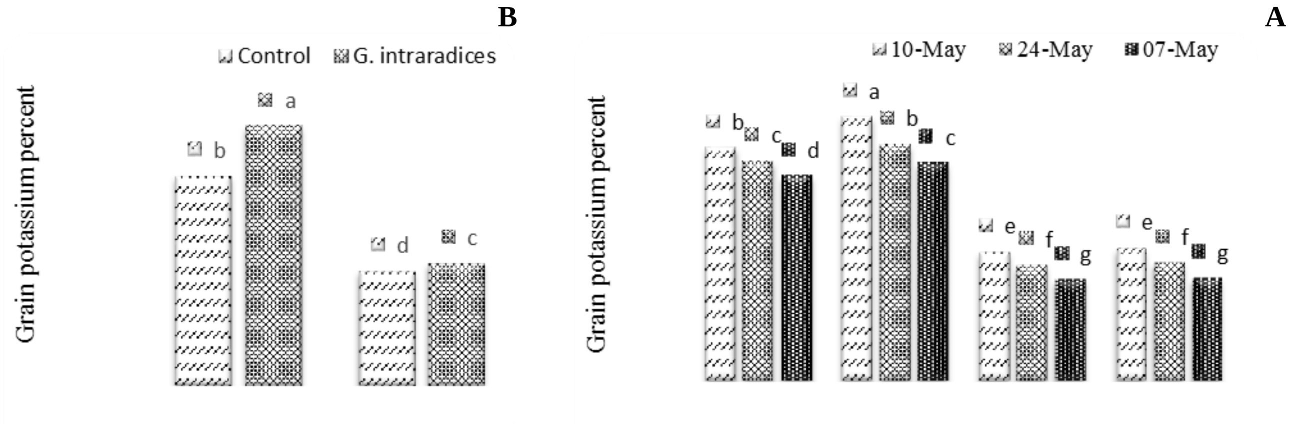
حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد است.

Fig. 6. Means comparison of interaction effect of rain interrupted×mycorrhiza×supplemental irrigation (A), year×mycorrhiza (B) and year×rain interrupted (C) on the chickpea grain yield

Different letters show significant differences at 5% probability level.

در هر دو کشت دیم و آبیاری تکمیلی بسته به سال کشت با ادامه بارندگی‌ها تا ۱۷خرداد به‌تدریج مقادیر پتاسیم دانه به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. همچنین مقادیر پتاسیم دانه نخود در سال دوم نسبت به سال اول کاهش نشان داد، به‌طوری که کمترین مقادیر پتاسیم دانه تحت شرایط کشت دیم و اتمام دیرهنگام بارندگی در ۱۷خرداد نسبت به بیشترین مقدار آن حدود ۶۲درصد افزایش نشان داد (شکل ۷-A). در هر دو کشت سال‌های اول و دوم مقادیر پتاسیم دانه در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. با این حال مقادیر پتاسیم دانه در سال اول نسبت به سال دوم بیشتر بود. بیشترین میزان پتاسیم دانه که ازگیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا در سال اول به دست آمده بود، در مقایسه با کمترین میزان پتاسیم دانه در همان سال آزمایش حدود ۴۵درصد اختلاف نشان داد (شکل۷-B).

کاهش پتاسیم دانه در تنش خشکی ناشی از قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه ماش (*Vigna radiata* (L.) Wilczk) گزارش شده است (Jafardokht *et al.*, 2015). بنابراین بهبود جذب پتاسیم در آبیاری تکمیلی (با رفع تنش خشکی) و ایجاد روابط میکوریزایی (با بهبود جذب آب در شرایط پتانسیل پایین آب) در گیاه مشاهده می‌شود (Smith & Read, 2008). منابع زیادی در انباشت پتاسیم دانه در آبیاری تکمیلی گیاهان میکوریزایی وجود ندارد، ولی همبستگی بین انباشت پتاسیم در دانه با میزان جذب پتاسیم و همچنین میزان پتاسیم برگ گزارش شده است (Thamrin*et al.*,2014).



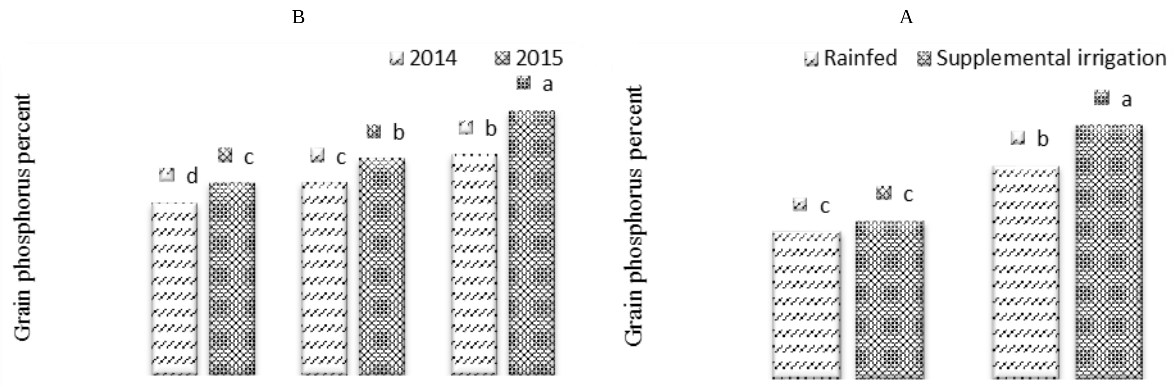
شکل ۷- مقایسه میانگین‌درصد پتاسیم دانه نخود تحت تأثیر برهمکنش سال×پایان بارندگی×آبیاری (A) و سال× همزیستی میکوریزایی (B)

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد است.

Fig. 7. Means comparison of interaction effect of year×rain interrupted× supplemental irrigation (A) and year×mycorrhiza (B) on the chickpea grain potassium

Different letters show significant differences at 5% probability level.

بیشترین مقدار فسفر دانه در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا و یک نوبت آبیاری تکمیلی، و کمترین مقدار آن از گیاهان دیم تلقیح‌نشده به‌دست آمدند. با این وجود، در هردو سیستم کاشت دیم و آبیاری تکمیلی گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا فسفر دانه بیشتری داشتند (شکل ۸-A). در هر دو سال کشت با تأخیر در قطع بارندگی از ۲۰اردیبهشت‌ماه تا ۱۷خردادماه مقادیر فسفر دانه به‌طور معنی‌داری افزایش پیداکرد؛ بااین‌حال مقادیر فسفر دانه در سال دوم کشت نسبت به سال اول بیشتر بود. یعنی بیشترین فسفر دانه نخود از قطع بارندگی دیرهنگام در ۱۷خردادماه به‌دست آمد، ولی پایان زودهنگام بارندگی در ۲۰اردیبهشت‌ماه منجر به تولید دانه‌هایی با کمترین فسفر دانه شد (شکل ۸-B).



شکل ۸- مقایسه میانگین فسفر دانه نخود تحت تأثیر برهمکنش آبیاری×همزیستیمیکوریزایی (A) و سال×پایان بارندگی (B)

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد است.

Fig. 8. Means comparison of interaction effect ofmycorrhiza×supplemental irrigation (A) and year×rain interrupted (B) on the chickpea grain phosphorus

Different letters show significant differences at 5% probability level.

ادامه بارندگی تا ۱۷خرداد در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا افزایش ۳۷درصدی فسفر دانه نسبت به قطع زودهنگام بارندگی را نشان داد، هر چند این افزایش در گیاهان شاهد هم در سطوح پایین‌تری قابل مشاهده بود (جدول۵).

جدول۵- مقایسه میانگین فسفر دانه نخود تحت تأثیر برهمکنش پایان بارندگی×همزیستی میکوریزایی

Table 5. Means comparison of interaction effect of supplemental irrigation×mycorrhiza on the chickpea grain phosphorus

میکوریزا Mycorrhiza	۲۰اردیبهشت 10-May	۳خرداد 24-May	۱۷خرداد 07-Jun
شاهد Control	0.36 (f)	0.41 (e)	0.47 (d)
G. intraradices	0.54 (c)	0.61 (b)	0.74 (a)

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد است.

Different letters show significant differences at 5% probability level.

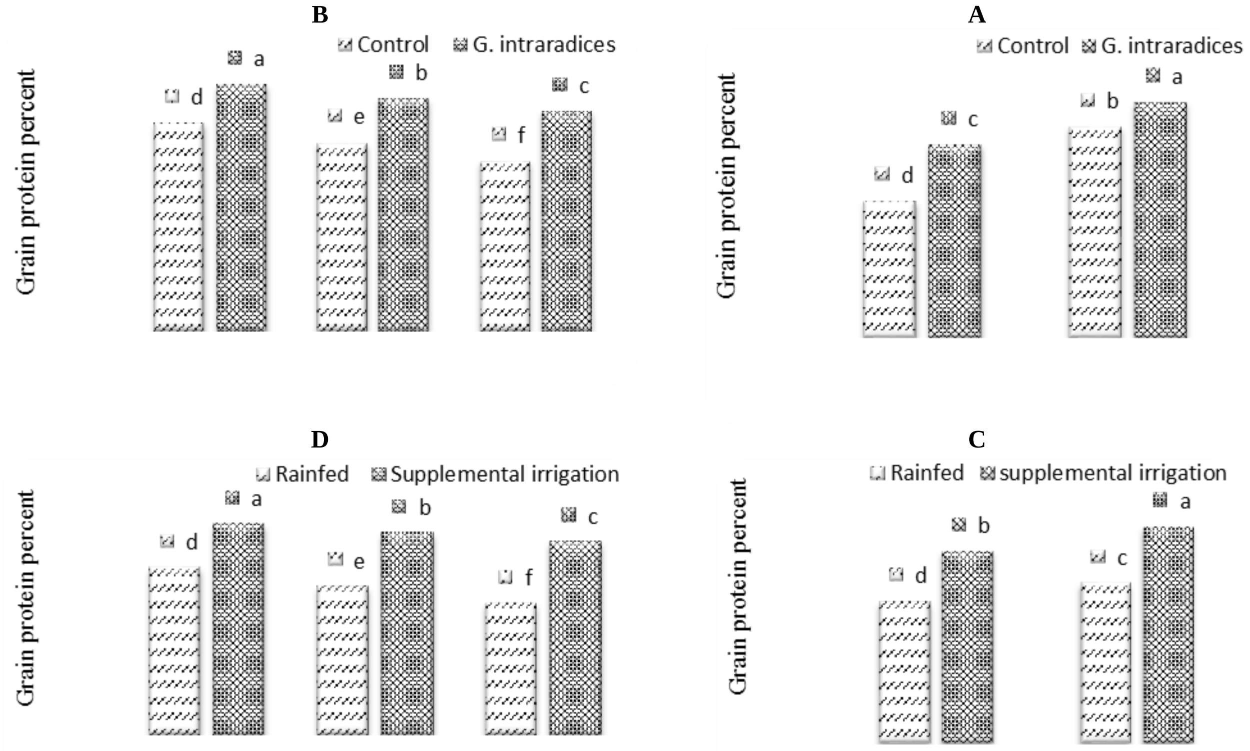
قارچ‌های میکوریزا جذب عناصر غذایی به‌خصوص فسفر را بهبود می‌بخشند. غلظت فسفر در هر واحد برگ گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا بیشتر از گیاهان تلقیح‌نشده با قارچ میکوریزا است، چون گیاه تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا بهتر از گیاهان تلقیح‌نشده با قارچ میکوریزا قادر به جذب فسفر از خاک خشک است (Neumann & George, 2004). مشخص شده است که کاهش محتوی رطوبت خاک با کاهش سرعت انتشار عناصر غذایی از محیط خاک به سطح جذب‌کننده ریشه همراه است و جذب عناصر غذایی از محلول خاک با وضعیت آبی خاک و نیز ریشه گیاه همبستگی بالایی دارد (Pessarakli, 1999).

بیشترین مقدار پروتئین دانه نخود در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا تحت آبیاری تکمیلی و کمترین مقدار پروتئین دانه مربوط به گیاهان شاهد دیم بود. گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا در هردو سیستم کاشت دیم و آبیاری تکمیلی پروتئین دانه بالاتری داشتند (شکل ۹-A). با افزایش شدت تنش کم آبی، هم در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا و تلقیح‌نشده با قارچ میکوریزا درصد پروتئین دانه افزایش می‌یابد. روابط میکوریزایی از طریق تأثیر بر قدرت جذب آب و عناصر غذایی (Habibzadeh *et al.*, 2015) مانند نیتروژن، فسفر و روی بر درصد پروتئین دانه اثر گذاشته و موجب بهبود عملکرد پروتئین دانه می‌گردد (Habibzadeh *et al.*, 2013; Oweis & Hachum, 2006).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا درصد پروتئین بالاتری دارند و با قطع زودهنگام بارندگی میزان پروتئین دانه نسبت به قطع دیرهنگام بارندگی بیشتر شد(شکل ۹-B). در هر دو سال کشت، میزان پروتئین دانه در گیاهان تحت شرایط آبیاری، نسبت به گیاهان دیم بیشتر بود. بیشترین افزایش آن مربوط به سال دوم در شرایط آبیاری تکمیلی به میزان ۳۶درصد بود (شکل ۹-C). با قطع زودهنگام بارندگی در اردیبهشت‌ماه (طولانی‌ترین تنش اعمال‌شده) درصد پروتئین کشت دیم نسبت به شرایط ادامه بارندگی‌ها افزایش معنی‌داری نشان داد. این روند افزایشی در گیاهان آبیاری‌شده هم مشاهده شد (شکل ۹-D). انجام آبیاری تکمیلی در ارقام نخود، کاهش عملکرد ناشی از کمبود آب را در مراحل مختلف فنولوژیک به‌طور معنی‌داری بهبود بخشید. این بهبود عملکرد از طریق افزایش سرعت و طول دوره پرشدن دانه روی عملکرد مؤثر بود (Rezaeyan Zadeh *et al.*, 2011). همزیستی قارچ‌های میکوریزا و گیاه سدر (*Cedrus deodara* L.) تحت تنش خشکی کلونیزاسیون میکوریزایی، تجمع اسیدآمینه‌ها و پروتئین را در مقایسه با گیاهان تلقیح‌نشده با قارچ میکوریزا افزایش داد (Mathur & Vyas, 2000).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که انجام یک‌بار آبیاری، عملکرد دانه نخود را نسبت به شرایط دیم به‌صورت معنی‌داری افزایش می‌دهد. در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی کیفیت بقایا (فسفر، کلسیم، خاکستر و پروتئین) و دانه (فسفر و پروتئین) نخود تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا بهبود یافت. بیشترین عملکرد بقایا و دانه از گیاهان آبیاری‌شده در تلقیح گیاه نخود با قارچ میکوریزا در ادامه بارندگی تا ۱۷خردادماه به‌دست آمد. بااین‌حال همواره عملکرد دانه نخود در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به کشت دیم بیشتر بود. کمترین عملکرد دانه در پایان زودهنگام بارندگی بهاره (۲۰اردیبهشت‌ماه) درگیاهان تلقیح‌نشده با قارچ میکوریزا در شرایط دیم مشاهده شد. درکشت دیم، غلظت و محتوای فسفر در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا و شاهد (تلقیح‌نشده با قارچ میکوریزا) به دلیل کمبود آب کاهش یافت. بااین وجود، رابطه میکوریزایی غلظت و محتوای فسفر را در نخود افزایش داد.



شکل ۹- مقایسه میانگین پروتئین دانه نخود تحت تأثیر برهمکنش آبیاری تکمیلی× همزیستی میکوریزیی (A)، پایان بارندگی× همزیستی میکوریزایی (B)، سال×آبیاری تکمیلی (C) و پایان بارندگی× آبیاری تکمیلی (D)

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد است.

Fig. 9. Means comparison of interaction effect of mycorrhiza×supplemental irrigation (A), rain interrupted×mycorrhiza (B), year×supplementalirrigation (C) and rain interrupted×supplemental irrigation (D) on the chickpea grain protein

Different letters show significant differences at 5% probability level.

منابع

1. Agricultural Statistics. 2014. The Office of Statistics and Information Technology, Ministry of Agriculture Jihad.
2. Association of Official Analytical Chemists. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC, Vol. II. Association of Official Analytical Chemist, 18^{th} Edition, Washington DC.
3. Benami. A., and Ofen, A. 1984. Irrigation Engineering-Sprinkler, Trickle and Surface Irrigation: Principles, Design and Agricultural Practices. Irrigation Engineering Scientific Publications.
4. Boomsma, C.R., and Vyn, T.J. 2008. Maize drought tolerance: potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis. Field Crops Research 108: 14-31.
5. Canci, H., and Toker, C. 2009. Evaluation of annual wild *Cicer* species for drought and heat resistance under field conditions. Genetic Resources and Crop Evolution 56: 1-6.
6. Evelin, H., Kapoor, R., and Giri, B. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. Journal of Annals of Botany 104: 1263-1280.
7. Ganjali, A., Bagheri, A., and Porsa, H. 2009. Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm for drought resistance. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 185-196. (In Persian with English Summary).
8. Goicoechea, N., Antolin, M.C., and Sanches-Diaz, M. 1997. Influence of arbuscular mycorrhizae and *Rhizobium* on nutrient content and water relations in drought stressed alfalfa. Journal of Plant and Soil 192: 261-268.

9. Habibi, S., Farzaneh, M., and Meskarbashee, M. 2013. Effects of inoculation with mycorrhiza (*Glomus* spp.) on growth and nutrient uptake of wheat in saline conditions. Iranian Journal of Soil and Water Research 44(3): 311-320. (In Persian with English Summary).
10. Habibzadeh, Y., Pirzad, A., Zardashti, M.R., Jalilian, J., and Eini, O. 2013. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on seed and protein yield under water-deficit stress in Mung Bean. Agronomy Journal 105: 79-84.
11. Habibzadeh, Y., Jalilian, J., Zardashti, M.R., Pirzad, A., and Eini, O. 2015. Some morpho-physiological characteristics of Mung Bean mycorrhizal plant under different irrigation regimes in field condition. Journal of Plant Nutrition 38(11): 1754-1767.
12. Hopkins, W.G., and Huner, N.P.A. 2009. Introduction to Plant Physiology. John Wiley & Sons.
13. Jafar Dokht, R., Mosavi Nik, S.M., Mehraban, A., and Basiri, M. 2015. Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological characteristics and nutrient uptake in mung bean. Electronic Journal of Crop Production 8: 121-141. (In Persian with English Summary).
14. Kafi, M., Zand, E., Kamkar, B., Mahdavi-Damghani, A., and Abbasi, F. 2010. Plant Physiology (Translate). Jihad daneshgahi of Mashhad Press. (In Persian).
15. KhosroShahi Asl, A. 1997. Food Analytical Chemistry. Urmia University Press. (In Persian).
16. Manoharan, P.T., Shamugaiah, V., Balasubramanian, N., and Gomathinayagam, S. 2010. Influence of AM fungi on the growth and physiological status of *Erythrina variegate* Linn. grown under different water stress conditions. European Journal of Soil Biology 46: 151-156.
17. Mathur, N., and Vyas, A. 2000. Influence of arbuscular mycorrhizae on biomass production, nutrient uptake and physiological changes in *Ziziphus mauritiana* Lam. under water stress. Journal of Arid Environment 45: 191-195.
18. Mosse, J. 1990. Nitrogen-to-protein conversion factor for ten cereals and six legumes or oilseeds. A reappraisal of its definition and determination. Variation according to species and to seed protein content. Journal of Agricultural and Food Chemistry 38(1): 18-24.
19. Naseri, R., Rahimi, M.J., Siyadat, S.A., and Mirzaei, A. 2015. The effects of supplementary irrigation and different plant densities on morphological traits, yield and its components and protein content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Sirvan region in Ilam province. Iranian Journal of Pulses Research 6(1): 78-91. (In Persian with English Summary).
20. Neumann, E., and George, E. 2004. Colonisation with the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* (Nicol. and Gerd.) enhanced phosphorus uptake from dry soil in *Sorghum bicolor* L. Plant and Soil 261(1): 245-255.
21. Oweis, T., and Hachum, A. 2006. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. Journal of Agricultural Water Management 80: 57-73.
22. Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Beans. Publications University of Mashhad. (In Persian).
23. Patil, S.L., Mishra, P.K., Loganandhan, N., Ramesha, M.N., and Math, S.K.N. 2014. Energy, economics, and water use efficiency of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Vertisols of semi-arid tropics, India. Current Science 107(4): 656-664.
24. Pirzad, A., Jalilian, J., and Akbari Bavandi, V. 2014. Improving grain yield of mung bean (*Vigna radiate* L.) using zeolite under water deficit condition. Research in Field Crops 3(1): 1-13. (In Persian with English Summary).
25. Rezaeyan Zadeh, E., Parsa, M., Ganjali, A., and Nezami, A. 2011. Responses of yield and yield components of chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) to supplemental irrigation in different phenology stages. Journal of Water and Soil 25(5): 1080-1095. (In Persian with English Summary).
26. Saharan, B.S., and Nehra, V. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria: A critical review. Life Sciences and Medicine Research 21: 1-30.
27. Sajedi, N.A., and Rejali, F. 2011. Effects of water stress, the use of mycorrhizal inoculation on the absorption of micronutrients in corn. Journal of Soil Research (Soil and Water) 25(2): 92-83. (In Persian with English Summary).
28. Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios.
29. Smith, S., and Read, D. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press.
30. Tavakoli, A. 2003. The effects of supplemental irrigation and nitrogen on yield, components Sabalan cultivar wheat yield. Seed and Plant 19(3): 367-381. (In Persian with English Summary).
31. Thamrin, M., Susanto, S., Susila, A.D., and Sutandi, D.A. 2014. Correlation between nitrogen, phosphorus and potassium leaf nutrient with fruit production of Pumello Citrus (*Citrus maxima*). Asian Journal of Applied Sciences 7(3): 129-139.

32. Wu, Q., and Xia, R. 2004. The relation between vesicular arbuscular mycorrhizae and water metabolism in plants. Chinese Journal of Agricultural Sciences 20: 188-192.
33. Zaferanieh, M., Nezami, A., Parsa, M., Porsa, H., and Bagheri, A. 2009. Evaluation of fall sowing of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms under complementary irrigation in Mashhad condition: 2- Yield and yield components. Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 473-481. (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 1, 2019, p. 75-90 (Research Article)

Effect of mycorrhizal symbiosis and supplemental irrigation on yield, grain nutrients and plant residues of chickpea (*Cicer arietinum* L.)

Mazlomi Mamyandi[1], M., Pirzad[2*], A. & Jalilian[3], J.

1. Ph.D Graduated of Agronomy, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Iran
2. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Iran
3. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Iran

Received: 23 April 2017
Accepted: 2 July 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.63925

Introduction

As water supplies decline and/or the cost of water increases, it is clear that producers are being driven toward deficit irrigation management, and some level of plant water stress is inevitable. The challenge is to define management systems that minimize the negative impact of the expected stress. Chickpea (*Cicer arietinum* L., Fabaceae family), a resistant pulse plant to drought and heat, producesan acceptable yield in poor soils. Chickpea is also used as a low-cost product in semi-arid tropical regions of cropping systems. Since the chickpea production in most regions is limited caused by lack of moistureparticularly during the generative growth stage, irrigation can be effective for improving the performance and its stability. Supplemental irrigation has a key role to reduce tensions in the critical stages of plant growth, and also compensate the serious yield lost. The occurrence of drought stress in some stages of plant growth could be irreparable damages. The recognition of the critical stages of plant growth and water stress when they need to meet in order to obtain maximum yield. West Azerbaijan has a large portion of the area under cultivation and production of chickpea (66500 ha), especially in rainfed condition. Plant rhizosphere is known to be preferred ecological niche for soil microorganisms due to rich nutrient availability. Rhizosphere microorganisms (particularly fungi) can improve plant performance under stress environments and, consequently, enhance yield. There is considerable evidence to suggest that arbuscular mycorrhizal fungi have the potential to increase the tolerance of their host plants to water-deficit stress. The mycorrhizal fungi improve profitability nutritional status of host plant due to water and nutrient (especially P) uptake in irrigated and rainfed conditions.

Materials & Methods

A two-year (2014-2015) factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center. Treatments were rain interrupted (10 May, 24May and 7 June), mycorrhizal symbiosis (non-mycorrhizal plants and inoculation with *Glomus intraradices*) and irrigation (rainfed and one supplemental irrigation). Plant residues (ash, protein, calcium, potassium and phosphorus) and grain (protein, potassium and phosphorus) quality were respectively determined at podding and seed maturity (Association of Official Analytical Chemists, 2005; AACC, 2000). Chickpea plant residuesand grain yields were measured by harvesting of 1 m^2 of each plot. Data were analyzed using SAS9.1 and means were compared by Duncan's new multiple range test (MRT) at 5% level of probability.

Results & Discussion

The combined analysis of 2-year data showed a significant effects of year, rain interruption, mycorrhiza and supplemental irrigation on the forage (plant residues) yield and quality (ash, calcium, phosphorus and protein), and also significant effect on the grain yield and quality (potassium, phosphorus and protein).

*Corresponding Author: a.pirzad@urmia.ac.ir

Significant interaction effects of year, rain interruption, mycorrhiza and supplemental irrigation on quality of plant residuesand grain exhibited varied response of chickpea to these above studied treatments. Means comparison indicated that in the studied area one irrigation improved the yield of chickpea grain and plant residues. In the current study, it was found that the inoculation of chickpea with *G. intraradices* regardless of irrigation regimes enhanced theplant residues (phosphorus, calcium, ash and protein) and grain (phosphorus and protein) quality. Delay in rain (from 10 May to 7 June) increased the performance of chickpea, so the highest grain and forage (plant residues) yield were obtained from irrigated mycorrizal plants in continuing rainfall until the 7 June. Chickpea grain yield was more under supplemental irrigation than dryland farming. The early rain interruption showed a bigger yield loss because of longer stress, but the supplemental irrigation compensated a part of this negative effect. The yield compensation in mycorrhizal chickpea plants was better than non-mycorrhizal one. Rainfall continued up to 7 June, increased the plant residues (1451 kg/ha) and grain (602 kg/ha) in irrigated mycorrhizal plants more than earlier rain interruption (10 and 24 May).

Conclusion

Generally, quality of rainfed chickpea plant residues and grain were improved by supplemental irrigation. Mycorrhizal symbiosis, regardless to rainfall interruption, enhanced the quality of chickpea plant residues and grain yield (up to 20 % for supplementary irrigation and 24% for rainfed). Results showed that the supplemental irrigation and mycorrhizal symbiosis are reliable techniques to achieve optimal performance of rainfed chickpea.

Keywords: *Glomus intraradices,* Phosphorus, Protein, Rainfed, Rain Interruption